

**PANAS DAN KENYAMANAN IKLIM MIKRO AKIBAT SIFAT BAHAN
PERKERASAN PELAPIS PERMUKAAN RUANG LUAR DI DAERAH
BERIKLIM TROPIS LEMBAB.**

**Heat and Comfort of Micro Climate due to Thermal Properties of Hard Materials of
Ground Surface in Humid Tropics Environment.**

Oleh :

Sangkertadi¹, Reny Syafriny²

(¹ Program Studi S2 Arsitektur, Pascasarjana Unsrat)

(² Mahasiswa Program Doktor Arsitektur Universitas Indonesia
Dosen Jurusan Arsitektur Fak Teknik Unsrat.)

ABSTRAK

Tanggung jawab profesi arsitek perancang kota diantaranya adalah mengkreasikan lingkungan ruang luar sebaik mungkin bagi para penggunanya. Teknologi ramah lingkungan dalam konteks arsitektur kota dapat diinterpretasikan sebagai upaya penerapan pada bahan pelapis permukaan dan selubung masa bangunan. Jenis permukaan lunak dan perkerasan yang melapisi permukaan taman-taman, halaman parkir, selubung atap dan dinding bangunan, memainkan peran yang penting dalam hal menghasilkan suhu radiasi dan suhu konveksi lingkungan ruang luar kawasan kota. Kenyamanan ruang luar yang salah satunya tergantung dari faktor suhu, dengan demikian maka tergantung pula pada pemakaian bahan pelapis permukaan.

Tulisan ini fokus pada kinerja ternal ruang luar di suatu daerah iklim tropis lembab dengan mengambil sampel di Kota Manado, Indonesia. Pengukuran setiap jam pada dua tipe lingkungan sekitar bahan pelapis permukaan ruang luar (aspal dan beton block) saat ada sinar matahari cerah. Sejumlah perhitungan juga dilakukan untuk komparasi terhadap hasil pengukuran dan untuk mengetahui tingkat kenyamanan termis akibat penggunaan bahan-bahan tersebut.

ABSTRAC

Architect or urban designer's major task is to create the best possible outdoor environment to the people's activities. Environmental-friendly technology appreciation in the context of urban architecture may be interpreted as the application of materials covering buildings envelop and ground surface. Soft and hard materials covering park space, roofing and envelop wall, play important role determining convective and radiant temperature of its environment. Outdoor thermal comfort that influenced by ambience temperature, is therefore depends on utilization of surface material.

This paper contains the intention of thermal performance of outdoor environment in a tropical and humid environment with a case of the city of Manado, Indonesia. One hour steps of temperature measurement at the surface of hard materials for ground covering (asphalt and concrete block) without solar shading in a hot season were done. Air temperature of outdoor space was also recorded. This is to know the effect of using different types of materials on outdoor environment. Some of calculations were also realized in order to make comparison with the results from measurement and to know the quantity of outdoor comfort level of the environment. This study recommend of principles of thermal properties of materials for ground covering of a tropical environment.

PENDAHULUAN

Dari berbagai sumber menunjukkan bahwa saat ini sekitar 60% penduduk dunia hidup di kawasan kota, sehingga menyebabkan tingkat urbanisasi dan kompleksitas yang

menjadi semakin tinggi di wilayah kota. Manusia membuat berbagai jenis lingkungan binaan di perkotaan yang dapat berupa bangunan-bangunan tinggi, perumahan, prasarana transportasi, fasilitas industry,

perdagangan, dll. Lingkungan sekitar fasilitas tersebut menyebabkan perubahan iklim mikro dari kondisi yang sebelumnya adalah kondisi asli alami, menjadi suatu kondisi iklim akibat bahan-bahan buatan manusia. Sejumlah studi juga menghasilkan kesimpulan bahwa kota memiliki suasana iklim yang lebih panas dibandingkan di pedesaan, misalnya yang diungkapkan oleh Naeem Irfan dkk (2001). Lebih dari itu, didalam kota dapat terjadi yang namanya *Urban Heat Island* (Givoni, 1998) yaitu suatu kawasan di daerah tertentu yang memiliki kekhususan karena iklim panas yang hanya terdapat di kawasan tersebut, sedemikian sehingga sampai dinamakan “pulau panas” dalam kota. Apabila tidak dikendalikan maka peningkatan panas dalam kota akan semakin tinggi dan menjalar sampai pinggiran kota, bahkan seluruh wilayah kota juga menjadi semakin panas. Perilaku panas di lingkungan ruang luar perkotaan ini, salah satunya adalah reaksi klimatologi dari pemakaian bahan permukaan ruang luar. Bahan perkerasan yang menutupi tanah dan menggantikan rerumputan serta bahan pemantul panas dari selubung masa bangunan, menjadi salah satu penyebab peningkatan suhu ruang luar, dan yang menjadi fokus dari tulisan ini. Jadi elemen ruang luar tersebut, bukanlah sekedar berfungsi sebagai elemen untuk memperindah lansekap, tetapi juga berfungsi sebagai pengendali iklim mikro menuju kenyamanan termis bagi manusia penggunaannya.

Disisi lain, telah dikembangkan rumusan untuk mengitung kenyamanan termis ruang luar di iklim tropis lembab (Sangkertadi & Syafriny R, 2012), yang merupakan persamaan regresi dari fungsi suhu, angin, aktifitas dan ukuran tubuh manusia. Apabila suhu lingkungan ruang luar akibat pemakaian bahan perkerasan dapat diketahui, maka dapat diprediksi tingkat kenyamanan di ruang luar sekitarnya.

Tulisan ini memaparkan hasil pengukuran suhu udara dan suhu permukaan disekitar berbagai bahan perkerasan dan melakukan perhitungan untuk mengetahui hubungannya dengan sifat-sifat termis bahan-bahan perkerasan. Kajian secara khusus dilakukan di daerah beriklim tropis karena di iklim tersebut terjadi akumulasi panas radiasi matahari sepanjang tahun dan kelembaban

yang dapat menyebabkan rasa tidak nyaman di ruang luar.

METODE

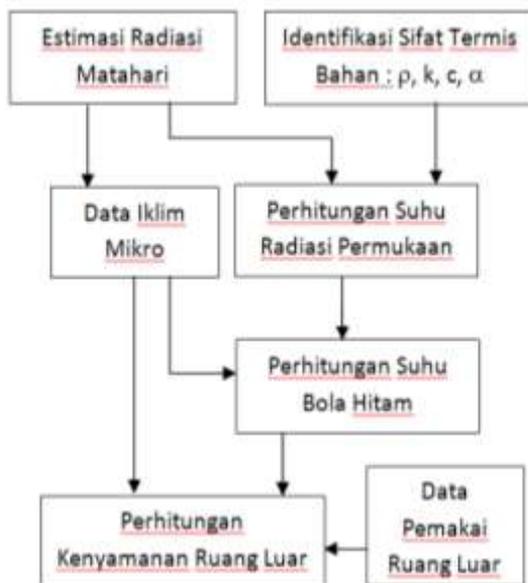
Secara prinsip alur studi ini sebagaimana ditampilkan pada gambar 1 dan 2 yang menunjukkan adanya bagian kegiatan pengukuran dan perhitungan. Terdapat dua tahapan kegiatan. Gambar.1. menunjukkan tahapan pertama, dimana dilakukan pengukuran iklim mikro sekitar permukaan bahan, kemudian dilakukan perhitungan tentang kenyamanan termis pada situasi nyata tersebut. Gambar.2. menunjukkan tahapan simulasi, dimana dilakukan identifikasi material sifat termis material pelapis permukaan ruang luar dan penutup atap, kemudian dilakukan perhitungan suhu udara dan suhu radiasi sekitarnya, lalu diperhitungkan dampak kenyamanan termis.

Jadi studi ini menerapkan metode pengukuran lapangan dan perhitungan simulasi dengan fokus pada dampak termis ruang luar akibat penggunaan berbagai jenis material perkerasan penutup lapisan permukaan ruang luar. Pengaruh dari sifat termis bahan dan dampak kenyamanan termis menjadi fokus dari studi ini. Material elemen lansekap yang di jadikan obyek pengukuran adalah aspal dan beton. Pengukuran dilakukan pada bagian permukaan bahan dan di udara pada ketinggian 1.5 meter diatas bahan-bahan tersebut. Pengukuran meliputi suhu permukaan, suhu udara, kelembaban dan kecepatan angin setiap jam, selama satu hari saat matahari bersinar sepanjang hari, dilakukan pada bulan Juli 2008.

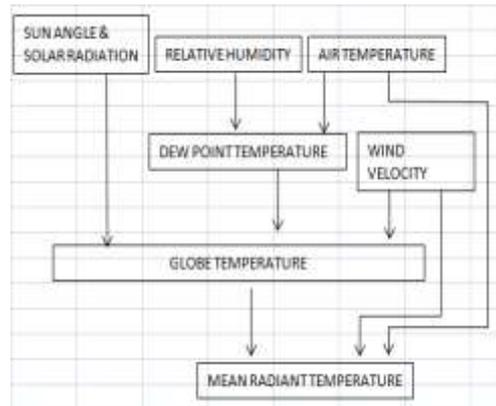
Pengukuran dilakukan menggunakan alat pen thermometer, thermohyrometer dan anemometer. Identifikasi sifat thermal bahan dilakukan berdasarkan referensi pustaka, seperti masa jenis, konduktifitas, kapasitas kalor dan presentasi refleksi radiasi matahari. Untuk kalkulasi skala tingkat kenyamanan termis ruang luar, digunakan persamaan yang dikembangkan oleh penulis (Sangkertadi & Syafriny R, 2012). Sejumlah rumus lain juga digunakan untuk kebutuhan perhitungan suhu bola hitam dan suhu radiasi rata-rata. Gambar.1 dan 2 menunjukkan diagram alir perhitungan untuk memperoleh hasil suhu radiasi bola hitam (globe temperature dan suhu radiasi rata-rata secara teoretis.



Gambar.1. Diagram alir perhitungan kenyamanan berdasar data pengukuran suhu permukaan bahan



Gambar.2. Diagram alir perhitungan kenyamanan berdasar hasil perhitungan suhu permukaan bahan



Gambar.3. Diagram alir perhitungan Suhu radiasi rata-rata

Rumus untuk mengestimasi tingkat kenyamanan termis bagi pejalan kaki (Sangkertadi & Syafriny, 2012) adalah sebagai berikut:

$$Y_{JS} = -3.4 - 0.36v + 0.04T_a + 0.08T_g - 0.01HR + 0.96A_{du}$$

Dimana:

Y_{JS} : Skala kenyamanan termis bagi aktifitas “jalan normal” (0=nyaman; 1= agak tidak nyaman; 2=tidak nyaman; 3=sangat tidak nyaman; -1=agak dingin)

HR : Kelembaban Relatif (%)

T_a : Suhu udara ($^{\circ}C$)

T_g : Suhu radiasi – bola hitam ($^{\circ}C$)

A_{du} : Luas kulit tubuh manusia (m^2)

v : kecepatan angin (m/s)

Apabila tidak dilakukan pengukuran T_g , maka dapat dilakukan perhitungan untuk memperoleh T_g yakni menggunakan rumus yang dipaparkan oleh Dimiceli, V E, Piltz S F, Amburn S A, 2011 sebagai berikut:

$$T_g = \frac{B + C T_a + 7680000}{C + 256000}$$

Dengan koefisien B dan C sebagai berikut:

$$C = \frac{h v^{0.58}}{5.3865 \times 10^{-8}}$$

$$B = S \left(\frac{f_{db}}{4\sigma \cos(z)} + \frac{1.2}{\sigma} f_{dif} \right) + \varepsilon_a T_a^4$$

$$e_a = \exp\left(\frac{17.67(T_d - T_a)}{T_d + 243.5}\right) \times (1.0007 + 0.00000346 P) \\ \times 6.112 \exp\left(\frac{17.502 T_a}{240.97 + T_a}\right)$$

Adapun fdb adalah fraksi (perbandingan) antara besar radiasi matahari langsung terhadap radiasi total (direct/global radiation). Sedangkan fdif adalah fraksi radiasi tidak langsung (difuse/global radiation), dan z adalah sudut zenith matahari, serta s adalah bilangan konstanta Boltzman senilai 5.67×10^{-8} . Sedangkan P adalah angka tekanan pada kondisi standar 1 atm (=101325 Pa).

Selanjutnya untuk menghitung suhu T_d (dewpoint temperature, dapat dipakau formulasi sebagai berikut (Snyder & Snow, 1996) :

$$T_d = \frac{237.3 \times Z}{(1 - Z)} \\ Z = \frac{\left[\ln \frac{HR}{100} + \left(\frac{17.27 \times T_a}{237.3 + T_a} \right) \right]}{17.27}$$

Adapun untuk memperoleh angka suhu permukaan bahan dapat dipergunakan rumus sebagai berikut (Szokolay, 1980)

$$T_s = T_a + \frac{S \times \alpha}{h}$$

Dimana

S: radiasi matahari (Watt/m²)

α : difusifitas termis bahan permukaan

T_d : dewpoint temperature (°C)

Apabila α , tidak diketahui, maka dapat dipergunakan rumus umum sebagai berikut:

$$\alpha = \frac{k}{\rho \times c}$$

Nilai k , ρ dan c banyak diperoleh di sejumlah referensi.

Pada studi ini besar radiasi matahari, S, diperoleh melalui estimasi menggunakan program komputer Matahari (Sangkertadi, 2009).

Sedangkan untuk memperoleh suhu radiasi rata-rata disekitar bahan permukaan dapat dipergunakan rumus sebagai berikut (Huang, 2007) :

$$T_{rm} = T_g + 0.237 \left(T_g - T_a \right) \sqrt{v}$$

HASIL DAN PEMBAHASAN.

Hasil pengukuran dan perhitungan ditunjukkan melaluitabel-Tabel 1 s/d 4. Pada Tabel 1 dan 3, menunjukkan bahwa suhu udara pada bagian permukaan bahan memiliki angka jauh lebih tinggi diatas suhu udara, pada mulai pukul 10 s/d 15. Kondisi tersebut, disebabkan sifat bahan yang menyimpan dan meradiasikan kembali panas matahari. Pada kisaran pukul 10 s/d 15, angka radiasi matahari memang menunjukkan angka yang cukup tinggi yakni sekitar 400 sampai 900 Watt/m² yang diterima bidang pada posisi datar di Kota Manado (1.5⁰ LU).

Nampak pada Tabel.1. bahwa suhu permukaan bahan, mencapai puncak pada angka 56.6 °C terjadi pada pukul 11 siang berdasar hasil pengukuran. Sedangkan suhu radiasi rata-rata tertinggi terjadi pada jam 12 sebesar 78°C terjadi pada jam 12, berdasar hasil perhitungan. Sementara itu, suhu udara pada ketinggian 1.5 m diatas permukaan bahan, mencapai puncaknya pada angka 33. 9 °C terjadi pada pukul 12 siang.

Tabel.1.

Hasil Pengukuran dan Perhitungan Suhu-suhu pada kasus Permukaan Bahan Aspal

Jam	Pengukuran		Perhitungan	
	Ta (Suhu udara 1.5 m diatas permukaan)	Ts (Suhu Permukaan Bahan)	Tg	Trm
7	27.5	28.8	41.29	44.56
8	28.4	34	50.37	55.58
9	31.5	37.3	59.46	66.08
10	32.5	46.2	64.77	72.42
11	33.0	56.6	67.95	76.24
12	33.9	52.4	69.83	78.35
13	31.9	51.2	66.88	75.17
14	31.5	49.2	63.78	71.42
15	30.9	44	58.86	65.48
16	30.5	35.8	52.49	57.71
17	30.1	28.4	43.91	47.19

Selanjutnya dilakukan perhitungan kenyamanan termis dengan menggunakan rumus kenyamanan termis ruang luar secara khusus untuk tipe orang dewasa berjalan kaki, mendapat angin 1 m/s. Rumus yang digunakan adalah rumus skala kenyamanan Y_{JS} oleh Sangkertadi (2012). Hasilnya disajikan pada Tabel.2, dan nampak bahwa dari pukul 7 sampai 17, dengan adanya sinar

matahari langsung pada bulan Juli, maka para pejalan kaki diatas aspal sudah merasa tidak nyaman. Bahkan pada pukul 11 hingga 14, akan merasakan sangat tidak nyaman dan terasa sakit. Persepsi teoretik tersebut mengarahkan untuk melakukan antisipasi terhadap rancangan arsitektur ruang luar agar tidak terjadi rasa tidak nyaman yang berlebihan di ruang luar. Salah satu alternative solusi adalah dengan member naungan, sedemikian, hingga tidak ada radiasi langsung yang menyentuh tubuh manusia. Sehingga panas radiasi dari permukaan bahan juga tidak terlalu besar dan dapat menurunkan angka skala tidak nyaman.

Tabel.2.

Hasil perhitungan kenyamanan termis bagi pejalan kaki di ruang luar berbahan perkerasan aspal

Jam	Skala Kenyamanan Yjs	Persepsi Rasa Kenyamanan PEJALAN KAKI
7	1.69	TIDAK NYAMAN
8	2.46	TIDAK NYAMAN
9	3.32	SANGAT TIDAK NYAMAN
10	3.82	SANGAT TIDAK NYAMAN dan RASA SAKIT
11	4.09	SANGAT TIDAK NYAMAN dan RASA SAKIT
12	4.28	SANGAT TIDAK NYAMAN dan RASA SAKIT
13	3.96	SANGAT TIDAK NYAMAN dan RASA SAKIT
14	3.69	SANGAT TIDAK NYAMAN dan RASA SAKIT
15	3.24	SANGAT TIDAK NYAMAN
16	2.68	SANGAT TIDAK NYAMAN
17	1.98	TIDAK NYAMAN

Pada kasus permukaan berbahan beton, hasilnya ditampilkan melalui Tabel 3 dan 4. Nampak pada Tabel 3, bahwa situasinya tidak jauh berbeda dengan kasus pada permukaan aspal. Suhu udara pada ketinggian 1.5 m diatas permukaan lantai beton di ruang luar, bervariasi antara minimal 26.6 sampai maksimum 33.7°C pada jam 12 siang. Sementara itu suhu permukaan beton bernilai pada angka 28.8 pada jam 7 pagi hingga 55.4 pada jam 12 siang dibawah terik matahari. Jelas bahwa radiasi matahari berperan penting dalam mempengaruhi suhu radiasi rata-rata. Suhu radiasi rata-rata (Trm) berdasarkan perhitungan, secara maksimum mencapai 78.11 °C, yang terjadi pada jam 12 siang

dimana radiasi matahari dapat mencapai sekitar 900 Watt/m² pada jam tersebut.

Pada Tabel 4, disajikan hasil perhitungan skala kenyamanan bagi pejalan kaki yang melintas diatas ruang terbuka berlapis bahan beton, dan berada dibawah terik matahari. Hasilnya sebagaimana pada tabel tersebut, bahwa, praktis dari jam 7 pagi hingga jam 5 sore, tidak pernah merasakan kenyamanan, terutama karena adanya suhu radiasi dari matahari dan ditambah dari pantulan permukaan bahan beton.

Bahkan pada jam-jam 10 sampai 14 siang, beresiko rasa sakit karena kepanasan, dan berbahaya, karena bisa beresiko dehidrasi. Pencegahan untuk resiko tersebut, secara arsitektural dapat dilakukan dengan menambah desain naungan dari penghijauan pepohonan atau dari bahan buatan tertentu. Selain itu, bisa juga dilakukan langkah dengan tindakan mekanikal, yakni dengan menghembuskan angin pada kecepatan tertentu agar member dampak evaporative pada kulit manusia untuk tujuan menguapkan keringat dan mendinginkan lingkungan radiatif.

Tabel.3.

Hasil Pengukuran dan Perhitungan Suhu-suhu pada kasus Permukaan Bahan Beton

Jam	Pengukuran		Perhitungan	
	Ta (Suhu udara 1.5 m diatas permukaan bahan)	Ts (Suhu Permukaan Bahan)	Tg	Trm
7	26.6	28.8	40.38	43.65
8	28.4	30.00	50.37	55.58
9	31.5	34.40	59.47	66.09
10	32.4	46.30	64.73	72.38
11	32.8	52.60	67.81	76.11
12	33.7	55.40	69.59	78.11
13	31.6	48.80	66.51	74.80
14	31.1	41.20	63.32	70.96
15	30.4	43.60	58.35	64.97
16	30.0	35.80	51.96	57.17
17	29.6	33.60	43.41	46.69

Tabel.4.
Hasil perhitungan kenyamanan termis ruang bagi pejalan kaki di luar di lokasi berbahan perkerasan beton

Jam	Skala Kenyamanan Yjs	Persepsi Rasa Kenyamanan PEJALAN KAKI
7	1.58	TIDAK NYAMAN
8	2.46	TIDAK NYAMAN
9	3.32	SANGAT TIDAK NYAM
10	3.82	SANGAT TIDAK NYAM dan RASA SAKIT
11	4.07	SANGAT TIDAK NYAM dan RASA SAKIT
12	4.26	SANGAT TIDAK NYAM dan RASA SAKIT
13	3.92	SANGAT TIDAK NYAM dan RASA SAKIT
14	3.64	SANGAT TIDAK NYAM dan RASA SAKIT
15	3.18	SANGAT TIDAK NYAM
16	2.62	SANGAT TIDAK NYAM
17	1.92	TIDAK NYAMAN

KESIMPULAN

Studi ini menyimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Permukaan perkerasan apapun, baik aspal (berwarna gelap) maupun beton (berwarna terang), keduanya tetap beresiko menyebabkan tingginya angka suhu udara dan suhu radiatif
2. Tingginya suhu radiatif dan besarnya radiasi matahari di ruang luar, menyebabkan rasa tidak nyaman secara signifikan pada pejalan kaki.
3. Pada rancangan ruang luar didaerah beriklim tropis lembab, disarankan diperbanyak penauangan dengan penghijauan untuk memberikan efek pendinginan konfektif dan mengurangi panas radiatif, sehingga dapat meningkatkan rasa nyaman termis bagi pejalan kaki yang melintasinya.

4. Penggunaan teknologi mekanikal di ruang luar, seperti kipas angin besar, dapat dilakukan untuk menambah efek evaporative dalam rangka mencapai angka kenyamanan yang memadai diruang luar.

Daftar Pustaka.

1. Dimiceli, V E, Piltz S F, Amburn S A, 2011, Estimation of Black Globe Temperature for Calculation of the Wet Bulb Globe Temperature Index Proceedings of the World Congress on Engineering and Computer Science 2011 Vol II WCECS 2011, October 19-21, 2011, San Francisco, USA
2. Givoni B, 1998, Climate Considerations in Building and Urban Design, John Wiley & Sons, New York.
3. Huang J. Prediction of air temperature for thermal *comfort* of people in outdoor environments. *Int Journal on Biometeorology* 51:375 (2007).
4. Naeem Irfan, Adnan Zahoor, Nadeemullah Khan, 2001, Minimising The Urban Heat Island Effect Through Lanscaping, *NED Journal of Architecture and Planning*, Vol One, Nov. 2001.
5. Sangkertadi, 2009, Petunjuk pemakaian Program Matahari, Lab Sains & Teknologi, Jurusan Arsitektur, Fakultas Teknik Univ. Sam Ratulangi, Manado.
6. Sangkertadi, Syafriny R, 2012, Perumusan Kenyamanan Termis Ruang Luar Iklim Tropis Lembab, Laporan Penelitian Fundamental, Universitas Sam Ratulangi.
7. Snyder R, Snow R, 1996, Converting Humidity Expressions with Computers and Calculators, Cooperative Extension Leaflet 21372, University of California.
8. Szokolay,S V, 1980, Environmental Science Handbook for architects and builders, The Construction Press, Lanchaster.

